

# Méthodes numériques multi-échelles pour la modélisation de la plaque perforée dans les calculs de structures

Phuc Viet Khoa NGUYEN<sup>a, b</sup>, Franck MASSA<sup>b</sup>, Cédric HUBERT<sup>b</sup>,  
Bertrand LANGRAND<sup>a, b</sup>, Nicolas LECONTE<sup>a, b</sup>

a. DMAS, ONERA, 59000, Lille, France. Email :

{*phuc\_viet\_khoa.nguyen; bertrand.langrand; nicolas.leconte*}@onera.fr

b. LAMIH UMR CNRS 8201, Université Polytechnique Hauts-de-France, 59313, Valenciennes, France. Email :

{*franck.massa; cedric.hubert*}@uphf.fr

## Résumé

Les zones d'assemblages rivetés jouent un rôle crucial dans la tenue des structures mécaniques soumises aux chocs et aux impacts, notamment dans le domaine aéronautique. L'analyse par simulation numérique des phénomènes physiques engendrés requiert à la fois une modélisation fine de la structure complète ainsi que de l'assemblage. Malgré l'augmentation de la puissance informatique, ce type de simulation demeure complexe compte tenu du raffinement nécessaire dans les zones d'assemblage engendrant un pas de temps stable en dynamique explicite incompatible avec la simulation numérique d'une structure aéronautique. Pour y remédier, une approche basée sur la modélisation des zones d'assemblages par des super-éléments a donc été considérée [1]. Ce type d'élément, basé sur le principe hybride-Trefftz déplacement et une solution analytique de membrane perforée de type Kolosov-Muskhelishvili, s'est révélé très efficace pour le domaine élastique linéaire. Ainsi, une formulation analogue est recherchée dans ce travail de recherche pour le domaine non-linéaire, en priorisant l'aspect matériel et géométrique. Différentes approches multi-échelles sont envisagées pour répondre à ce besoin. Parmi celles-ci, l'approche "Transformation Field Analysis (TFA)" [2] est considérée pour sa capacité à localiser les champs de l'échelle locale. Cette approche est fréquemment employée pour des discontinuités faibles à l'échelle des matériaux, mais moins souvent pour les discontinuités fortes à l'échelle des structures. Une autre approche envisagée est basée sur des réseaux de neurones informés par la physique [3]. L'idée est de les entraîner à reconstruire des champs à l'intérieur du sous-domaine perforé à partir des informations aux frontières de celui-ci.

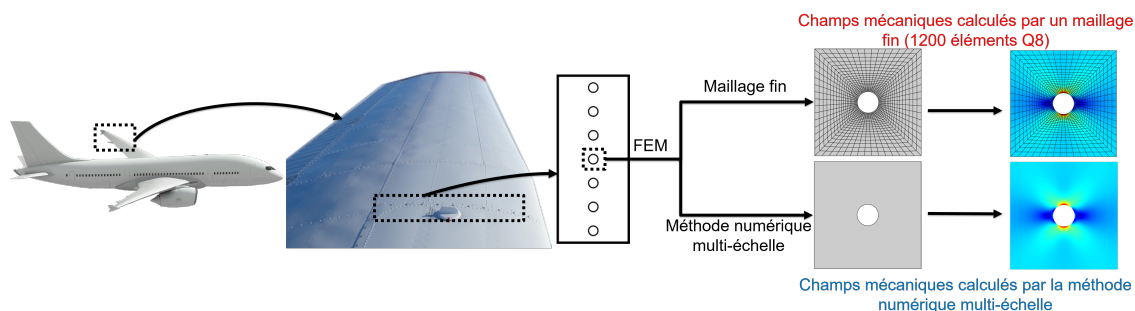


FIGURE 1 – Modélisation des zones d'assemblages rivetés de la structure aéronautique (maillage fin ou méthode multi-échelle)

**Mots clefs :** Assemblage riveté, Hybride-Trefftz, Transformation Field Analysis, Réseaux de neurones.

## Références

- [1] N. Leconte, B. Langrand, et E. Markiewicz, On some features of a plate hybrid-Trefftz displacement element containing a hole, *Finite Elements in Analysis and Design*, oct. 2010, vol. 46, n° 10, p. 819-828,
- [2] N. Leconte, B. Langrand, et S. Kruch, An iterative plane stress integrated Transformation Field Analysis for Equivalent Homogeneous Medium characterization and localization — Application to structural holes, *International Journal of Solids and Structures*, déc. 2023, vol. 285, p. 112559,
- [3] A. Pulikkathodi, E. Lacazedieu, L. Chamoin, J. P. B. Ramirez, L. Rota, et M. Zarroug, A neural network-based data-driven local modeling of spotwelded plates under impact, *Mechanics & Industry*, 2023, vol. 24, p. 34,